

福島県立医科大学 学術機関リポジトリ



| | |
|--------------|---|
| Title | 時系列のゆらぎとリズム：総合科学研究会講演スライド |
| Author(s) | 小林, 恒夫 |
| Citation | 福島県立医科大学総合科学教育研究センター紀要. 1: 22-29 |
| Issue Date | 2017-11-14T07:03:09Z |
| URL | http://ir.fmu.ac.jp/dspace/handle/123456789/659 |
| Rights | |
| DOI | |
| Text Version | publisher |

This document is downloaded at: 2023-05-06T08:06:07Z

小林 恒夫 福島県立医科大学医学部自然科学講座（物理学）

小林恒夫

第22回総合科学研究会
2012年3月7日(水)

福島県立医科大学医学部
自然科学講座(物理学)

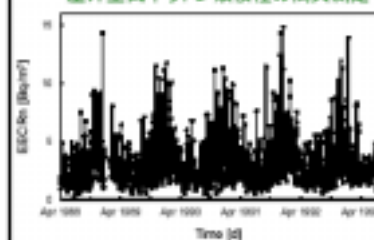
時系列データは、つまるところ数値の羅列。いろいろな分野で時系列解析が可能です。

- 空気中ラドン
- 学生実験
- 監視監視データ
- 患者数
- 短歌の解析

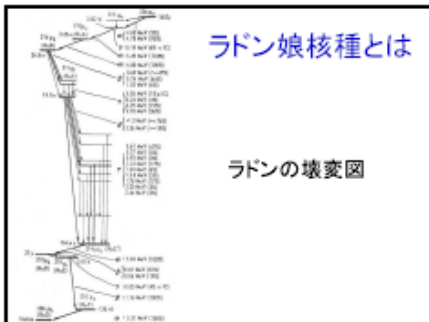
を紹介します。

途中で面白くなかったら、どの時点でも止められます。Stopサイン歓迎！

屋外空气中ラドン濃度種の間欠測定



ラドンの壊変図



- ・自己相関関数をフーリエ変換して得られるパワースペクトル(ピリオドグラム)
- ・自己回帰モデル(最大エントロピー法と等価)によるパワースペクトル
- ・3～5日の周期は気団の移動と一致
- ・太陽の自転周期27日に近いピークが現れることもある

Figure 1 consists of three panels of XPS spectra. Panel (a) shows C 1s spectra for PI, PI-co-1, PI-co-2, PI-co-3, and PI-co-4. The x-axis is Binding Energy (eV) from 0 to 1000. The y-axis is Intensity (a.u.). Peaks are labeled with their binding energy values: 285.0, 286.5, 287.5, 288.5, 289.5, 290.5, 291.5, 292.5, 293.5, 294.5, 295.5, 296.5, 297.5, 298.5, 299.5, 300.5, 301.5, 302.5, 303.5, 304.5, 305.5, 306.5, 307.5, 308.5, 309.5, 310.5, 311.5, 312.5, 313.5, 314.5, 315.5, 316.5, 317.5, 318.5, 319.5, 320.5, 321.5, 322.5, 323.5, 324.5, 325.5, 326.5, 327.5, 328.5, 329.5, 330.5, 331.5, 332.5, 333.5, 334.5, 335.5, 336.5, 337.5, 338.5, 339.5, 340.5, 341.5, 342.5, 343.5, 344.5, 345.5, 346.5, 347.5, 348.5, 349.5, 350.5, 351.5, 352.5, 353.5, 354.5, 355.5, 356.5, 357.5, 358.5, 359.5, 360.5, 361.5, 362.5, 363.5, 364.5, 365.5, 366.5, 367.5, 368.5, 369.5, 370.5, 371.5, 372.5, 373.5, 374.5, 375.5, 376.5, 377.5, 378.5, 379.5, 380.5, 381.5, 382.5, 383.5, 384.5, 385.5, 386.5, 387.5, 388.5, 389.5, 390.5, 391.5, 392.5, 393.5, 394.5, 395.5, 396.5, 397.5, 398.5, 399.5, 400.5, 401.5, 402.5, 403.5, 404.5, 405.5, 406.5, 407.5, 408.5, 409.5, 410.5, 411.5, 412.5, 413.5, 414.5, 415.5, 416.5, 417.5, 418.5, 419.5, 420.5, 421.5, 422.5, 423.5, 424.5, 425.5, 426.5, 427.5, 428.5, 429.5, 430.5, 431.5, 432.5, 433.5, 434.5, 435.5, 436.5, 437.5, 438.5, 439.5, 440.5, 441.5, 442.5, 443.5, 444.5, 445.5, 446.5, 447.5, 448.5, 449.5, 450.5, 451.5, 452.5, 453.5, 454.5, 455.5, 456.5, 457.5, 458.5, 459.5, 460.5, 461.5, 462.5, 463.5, 464.5, 465.5, 466.5, 467.5, 468.5, 469.5, 470.5, 471.5, 472.5, 473.5, 474.5, 475.5, 476.5, 477.5, 478.5, 479.5, 480.5, 481.5, 482.5, 483.5, 484.5, 485.5, 486.5, 487.5, 488.5, 489.5, 490.5, 491.5, 492.5, 493.5, 494.5, 495.5, 496.5, 497.5, 498.5, 499.5, 500.5, 501.5, 502.5, 503.5, 504.5, 505.5, 506.5, 507.5, 508.5, 509.5, 510.5, 511.5, 512.5, 513.5, 514.5, 515.5, 516.5, 517.5, 518.5, 519.5, 520.5, 521.5, 522.5, 523.5, 524.5, 525.5, 526.5, 527.5, 528.5, 529.5, 530.5, 531.5, 532.5, 533.5, 534.5, 535.5, 536.5, 537.5, 538.5, 539.5, 540.5, 541.5, 542.5, 543.5, 544.5, 545.5, 546.5, 547.5, 548.5, 549.5, 550.5, 551.5, 552.5, 553.5, 554.5, 555.5, 556.5, 557.5, 558.5, 559.5, 560.5, 561.5, 562.5, 563.5, 564.5, 565.5, 566.5, 567.5, 568.5, 569.5, 570.5, 571.5, 572.5, 573.5, 574.5, 575.5, 576.5, 577.5, 578.5, 579.5, 580.5, 581.5, 582.5, 583.5, 584.5, 585.5, 586.5, 587.5, 588.5, 589.5, 590.5, 591.5, 592.5, 593.5, 594.5, 595.5, 596.5, 597.5, 598.5, 599.5, 600.5, 601.5, 602.5, 603.5, 604.5, 605.5, 606.5, 607.5, 608.5, 609.5, 610.5, 611.5, 612.5, 613.5, 614.5, 615.5, 616.5, 617.5, 618.5, 619.5, 620.5, 621.5, 622.5, 623.5, 624.5, 625.5, 626.5, 627.5, 628.5, 629.5, 630.5, 631.5, 632.5, 633.5, 634.5, 635.5, 636.5, 637.5, 638.5, 639.5, 640.5, 641.5, 642.5, 643.5, 644.5, 645.5, 646.5, 647.5, 648.5, 649.5, 650.5, 651.5, 652.5, 653.5, 654.5, 655.5, 656.5, 657.5, 658.5, 659.5, 660.5, 661.5, 662.5, 663.5, 664.5, 665.5, 666.5, 667.5, 668.5, 669.5, 670.5, 671.5, 672.5, 673.5, 674.5, 675.5, 676.5, 677.5, 678.5, 679.5, 680.5, 681.5, 682.5, 683.5, 684.5, 685.5, 686.5, 687.5, 688.5, 689.5, 690.5, 691.5, 692.5, 693.5, 694.5, 695.5, 696.5, 697.5, 698.5, 699.5, 700.5, 701.5, 702.5, 703.5, 704.5, 705.5, 706.5, 707.5, 708.5, 709.5, 710.5, 711.5, 712.5, 713.5, 714.5, 715.5, 716.5, 717.5, 718.5, 719.5, 720.5, 721.5, 722.5, 723.5, 724.5, 725.5, 726.5, 727.5, 728.5, 729.5, 730.5, 731.5, 732.5, 733.5, 734.5, 735.5, 736.5, 737.5, 738.5, 739.5, 740.5, 741.5, 742.5, 743.5, 744.5, 745.5, 746.5, 747.5, 748.5, 749.5, 750.5, 751.5, 752.5, 753.5, 754.5, 755.5, 756.5, 757.5, 758.5, 759.5, 760.5, 761.5, 762.5, 763.5, 764.5, 765.5, 766.5, 767.5, 768.5, 769.5, 770.5, 771.5, 772.5, 773.5, 774.5, 775.5, 776.5, 777.5, 778.5, 779.5, 780.5, 781.5, 782.5, 783.5, 784.5, 785.5, 786.5, 787.5, 788.5, 789.5, 790.5, 791.5, 792.5, 793.5, 794.5, 795.5, 796.5, 797.5, 798.5, 799.5, 800.5, 801.5, 802.5, 803.5, 804.5, 805.5, 806.5, 807.5, 808.5, 809.5, 810.5, 811.5, 812.5, 813.5, 814.5, 815.5, 816.5, 817.5, 818.5, 819.5, 820.5, 821.5, 822.5, 823.5, 824.5, 825.5, 826.5, 827.5, 828.5, 829.5, 830.5, 831.5, 832.5, 833.5,

Figure 1 consists of two columns of plots. The left column shows time series plots for four meteorological variables: Temperature, Atmospheric Pressure, Humidity, and Wind Speed. The x-axis for all plots is time, ranging from Jan to Dec. The right column shows the Power Spectral Density (PSD) for each variable. The x-axis for the PSD plots is Periodogram (day⁻¹), ranging from 0 to 0.4. The y-axis for the PSD plots is Power spectral density, ranging from 0 to 10000. Peaks in the PSD plots are labeled with their corresponding frequencies and values.

| Variable | Frequency (day ⁻¹) | PSD Value |
|----------------------|--------------------------------|---------------------|
| Temperature | 7.5e | ~10000 |
| Atmospheric Pressure | 2.5e, 3.5e, 4.5e | ~1000, ~2000, ~3000 |
| Humidity | 6.5e, 8.5e, 9.5e | ~1000, ~2000, ~3000 |
| Wind Speed | 8.0e, 9.0e, 1.0e | ~1000, ~2000, ~3000 |

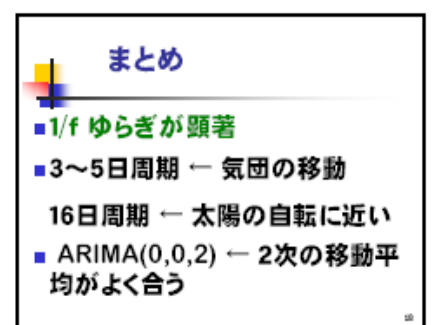
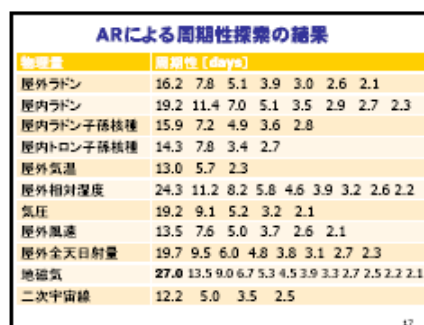
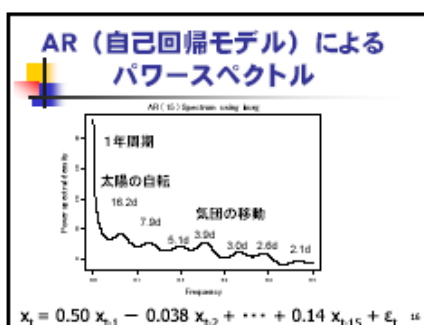
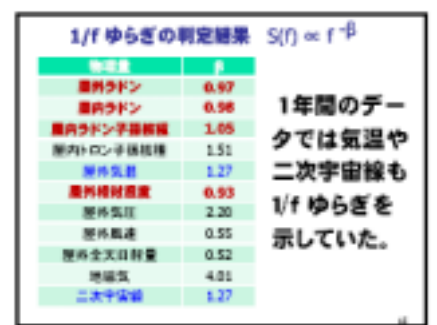
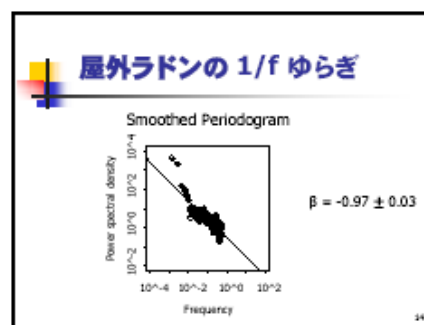
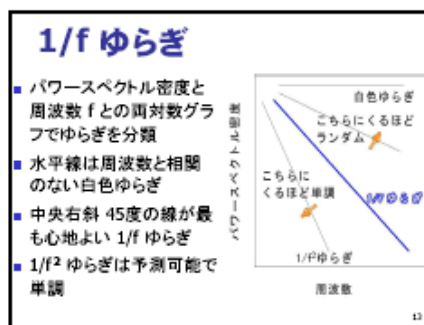
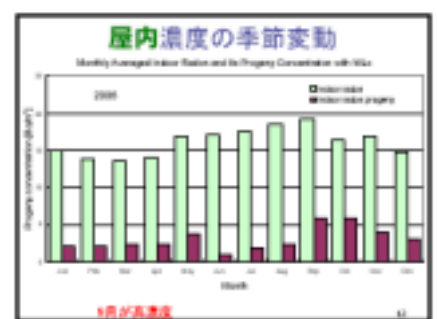
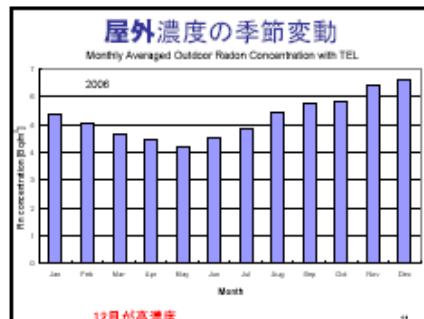
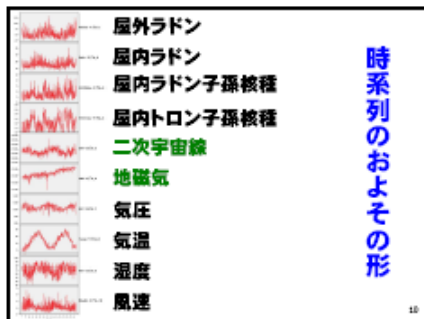
最近の研究から

医学物理学会等で発表

屋内データ等他データとの比較

- 1/f ゆらぎ
- AR による周期性探索
- ARIMA によるフィッティングとシミュレーション

² 本稿は、「第22回総合科学研究会(2012年3月7日)」に講演されたものである。



生体のゆらぎとリズム

医学部3年生対象
医学物理学の授業

医学物理学の授業

生体のリズム

オシロイバナ (Hus-oidish flower)
オシロイバナは、午後4時に開花し、夜まで閉じます。

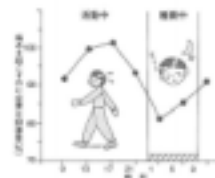


オシロイバナ (Hour-o'clock flower)
オシロイバナは、午後4時に開花し、朝までに閉じます。

生体のリズム

図は、人の体温の24時間の変動を示している。体温は活動中（0～18時間）に上昇し、睡眠中（18～24時間）に低下する。体温の最高値は活動中の12時に約37.5℃、最低値は睡眠中の18時に約36.2℃である。

| 時間 (h) | 体温 (℃) |
|--------|--------|
| 0 | 36.5 |
| 3 | 37.0 |
| 6 | 37.2 |
| 9 | 37.4 |
| 12 | 37.5 |
| 15 | 37.0 |
| 18 | 36.2 |
| 21 | 36.2 |
| 24 | 36.5 |



【説】 初め、物語は遠くから来りて、

生体のリズムをつくり出す体内時計

図7 生体リズムをつくり出す体内時計のしくみ

私たちの身体の中に時計をもっており、脳の視床下部にある「視交叉上核（しうきょうかく）」というところは時計を動かす「加齢時計」が存在します。例えば、朝日を浴びることにより目から入った光が体内時計と連動するよう伝達します。重要な役目を果たしています。

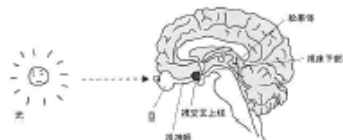


図7 生体リズムをつくり出す体内時計のしくみ

見たら映像の中に時計をもっており、脳の視床下部にある「視交叉核（しこうしやうかく）」というところに時計を備えた時計体が存在しています。例えば、朝日を浴びることにより日から入った光が体内時計を調節するよう伝達され、必要な役目を果たしています。

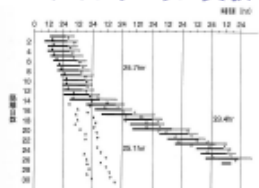
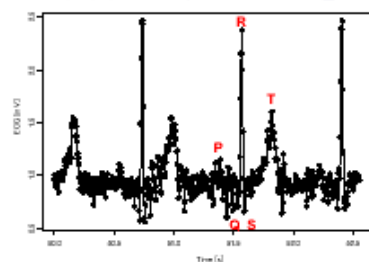
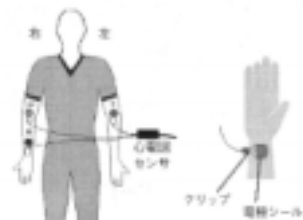


図 10 トロの自由曲線のシミュレーション

● : 知照, ○ : 既知
 ☆, ☆☆ : 査読論文システムの最上位、最上位
 雑誌と頁数を併記で示す。査読論文の領域は (☆), 査読後 (☆) も示されている。
 [Bullard *et al.*: *Food Phys* 38, 2026, 2026] に基づく

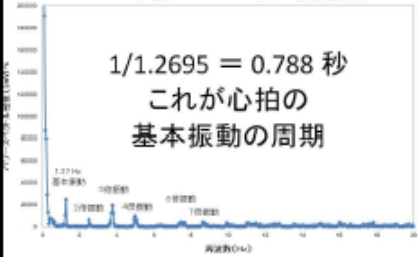
心電図センサーによる測定

The diagram illustrates the use of an ECG sensor. On the left, a person is shown with the sensor attached to their upper arm. On the right, a close-up shows the sensor components: a 'クリップ' (clip) and an '電極シール' (electrode seal).



心電図のパワースペクトル(横軸を拡大)

$1/1.2695 = 0.788$ 秒
これが心拍の
基本振動の周期



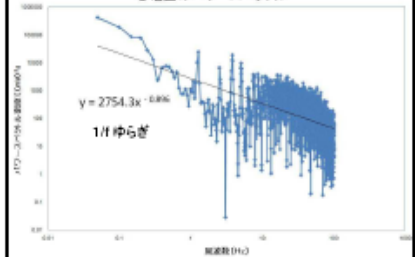
心電図のパワースペクトル

$y = 2754.3x^{-0.896}$

1/f 傾き

1/f 2-1000 Hz (1000 Hz)

周波数 (Hz)



固視監視データ

眼科学講座石龍先生より
医学物理学会で発表

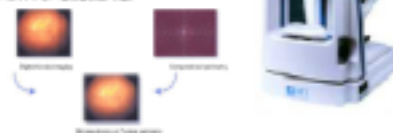
はじめに

- 固視監視データの時系列解析
- 自己相関、偏自己相関、
- パワースペクトル、
- 1/f ゆらぎ、
- はずれ値除去

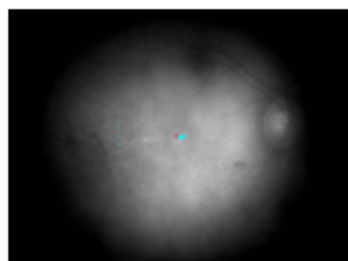
29

測定装置

デジタル眼動追跡装置を用いた固視監視データ
の取得。
→ 被験者の視線位置は1000Hzで、座標の大きさ、色、
明るさを検出可能。
→ 測定中にエラーメッセージが表示され、固視監視など
による測定位置ずれを修正可能。
→ 測定結果はカラー座標上にマッピングされるため、視覚
情報と対応可能。同一部位の測定が可能。
→ カラーマッピング機能の活用により測定結果の可視化
が可能。その一例を示す。

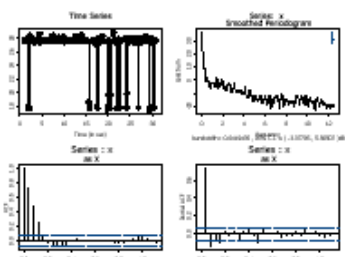


固視監視データ例



30

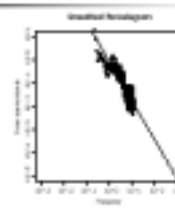
X方向データ例



31

1/f ゆらぎの可能性

スペクトル密度関数 $S(f) \propto f^{-\beta}$



$$\beta = -1.69 \pm 0.04$$

32

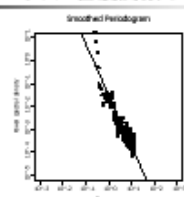
はずれ値の除去

固視をしているつもりが、突然、
固視点から大きくはずれてしまう。
それらのはずれ値を除去してみる。

34

1/f² ゆらぎへ近付く

スペクトル密度関数 $S(f) \propto f^{-\beta}$



$$\beta = -2.23 \pm 0.05$$

35

結論

- 固視監視データの時系列解析を試みた。
- 1/f² ゆらぎに耐えかねて、固視点から視線をそらす結果、はずれ値を生じ、1/f ゆらぎに近付こうとしている。

36

福島医大附属病院 における患者数

病院年報より

医学物理学会で発表

はじめに

病院年報に記載の患者数データ

- 基本統計・統計分布
- 相関解析
- 季節変動
- AR による周期性探索

動機

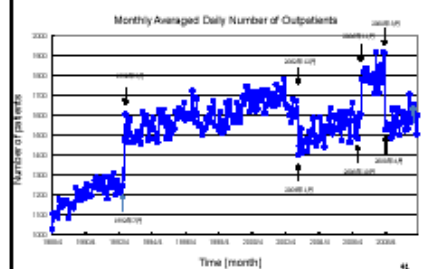
時系列解析—ライフワーク

- 自然放射線
ラドン族等の時間変動
- 眼科データ
 $1/f$ ゆらぎをめざす人体
- 和歌
ひらがなの出現順序

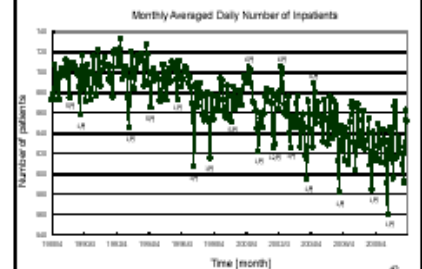
データ入手先



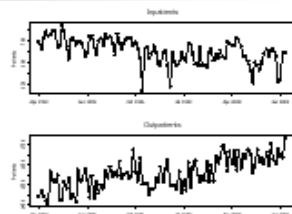
月別1日平均外来患者数



月別1日平均入院患者数



今回解析両患者数の時系列
1993年4月～2002年3月の9年間

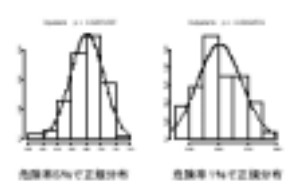


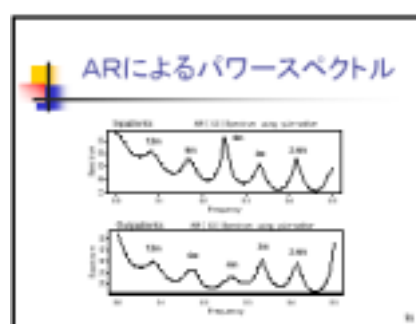
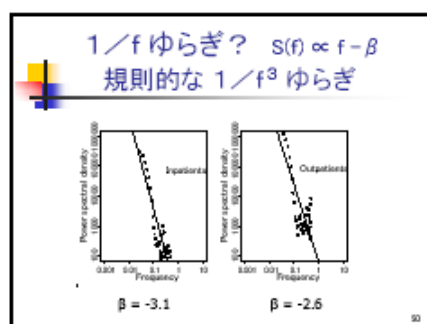
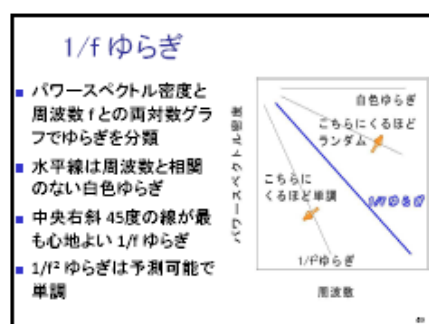
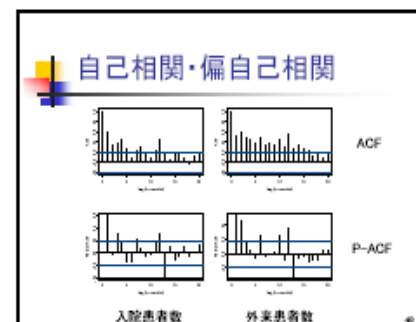
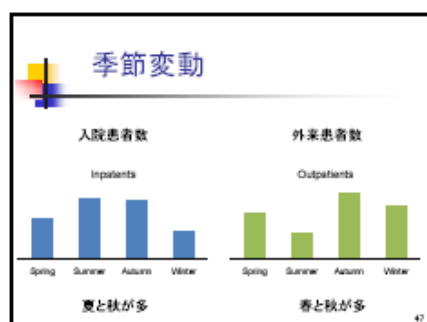
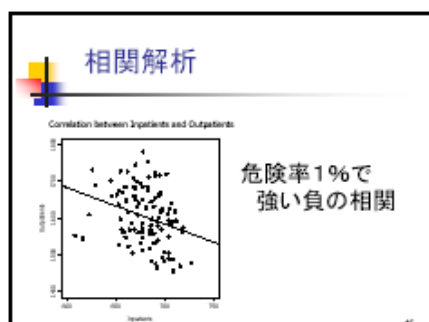
基本統計

| | 平均値 | 標準偏差 | メディアン | 最小 | 最大 |
|-------|------|------|-------|------|------|
| 入院患者数 | 681 | 23 | 684 | 608 | 727 |
| 外来患者数 | 1604 | 75 | 1596 | 1455 | 1781 |

単位はすべて[人]

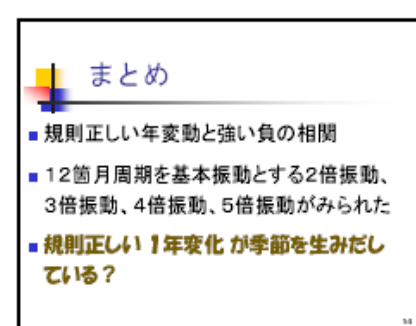
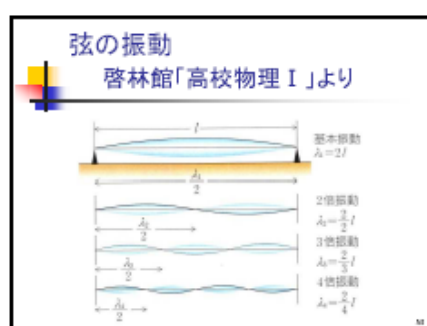
統計分布—正規性検定





ARによる周期性探索の結果

| | 周波数 [1/months] | 周期 [months] | モード |
|------------|-------------------|----------------|------|
| $f = f_1$ | 0.08333 | 12 | 基本振動 |
| $f = 2f_1$ | 0.1666 | 6 | 2倍振動 |
| $f = 3f_1$ | 0.25 | 4 | 3倍振動 |
| $f = 4f_1$ | 0.3333 | 3 | 4倍振動 |
| $f = 5f_1$ | 0.4166 | 2.4 | 5倍振動 |



和歌における $1/f$ ゆらぎ

ふと思い立ち

比較文化学会で発表

はじめに

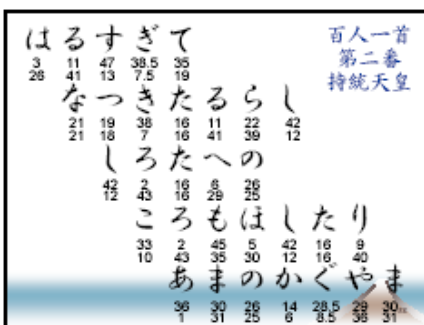
◆和歌のひらがな表記に番号付け
得られる数値列に対し時系列解析
(スペクトル解析)を行った

◆ $1/f$ ゆらぎになっているか

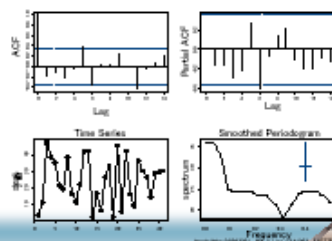
◆特徴的なピークがあるか

数値化用変換表

| 文字 | 五十音 | いろは | 乱数1 | 乱数2 |
|----|-----|------|-----|-----|
| あ | 1 | 36 | 24 | 29 |
| い | 2 | 1 | 25 | 8 |
| う | 3 | 24 | 11 | 15 |
| え | 4 | 34 | 20 | 35 |
| お | 5 | 27 | 16 | 18 |
| か | 6 | 14 | 8 | 1 |
| が | 6.5 | 14.5 | 8.5 | 1.5 |
| き | 7 | 38 | 47 | 10 |



自己相関等

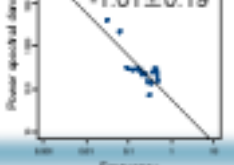


$1/f$ ゆらぎの判定

Smoothed Periodogram

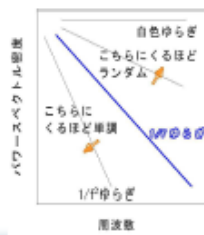
傾き

-1.01 ± 0.19

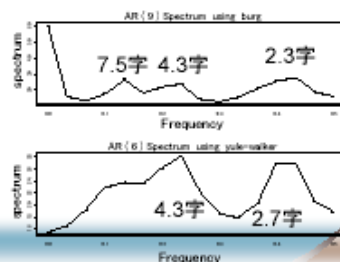


$1/f$ ゆらぎ

- ◆パワースペクトル密度と周波数 f との間対数グラフでゆらぎの種類を分類
- ◆水平線は周波数と相関のない白色ゆらぎ
- ◆中央右斜 45度の線が最も心地よい $1/f$ ゆらぎ
- ◆ $1/f^2$ ゆらぎは予測可能で単調



自己回帰モデルによるスペクトル



万葉集 短歌 31文字

| 短歌 | 番号 | 五十音 | いろは | 乱数1 | 乱数2 |
|-------|-----|------|-----|-----|-----|
| もののふの | 1 | 36 | 24 | 29 | |
| たまたま | 2 | 1 | 25 | 8 | |
| ひんがしの | 3 | 24 | 11 | 15 | |
| あふみの | 4 | 34 | 20 | 35 | |
| かほろの | 5 | 27 | 16 | 18 | |
| あふみの | 6 | 14 | 8 | 1 | |
| あふみの | 6.5 | 14.5 | 8.5 | 1.5 | |
| あふみの | 7 | 38 | 47 | 10 | |

27首中 $1/f$ は
いろは 18
(67%)
五十音 24
(89%)

